

Verfahren und Vorrichtung zum Unterscheiden von ein elektromagnetisches Wechselfeld beeinflussenden Teilen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen bzw. Unterscheiden von ein elektromagnetisches Wechselfeld beeinflussenden Teilen in einem Materialstrom, umfassend das Erzeugen eines sich über die Breite des Materialstroms erstreckenden elektromagnetischen Wechselfeldes, das Erzeugen einer Relativbewegung zwischen dem elektromagnetischen Feld und dem Materialstrom, und das Erfassen eines Phasensignalanteils und eines Amplitudensignalanteils eines Detektionssignals mittels einer im Wirkungsbereich des elektromagnetischen Wechselfeldes angeordnete Detektorspule mit zwei gegensinnig geschalteten Wicklungen, wobei das Detektionssignal aus einer durch die Relativbewegung zwischen dem elektromagnetischen Wechselfeld und einem im Materialstrom befindlichen, das elektromagnetische Wechselfeld beeinflussenden Teil hervorgerufenen Feldänderung abgeleitet wird.

Die Erfindung betrifft weiters eine Vorrichtung zum Erkennen bzw. Unterscheiden von ein elektromagnetisches Wechselfeld beeinflussenden Teilen in einem Materialstrom, umfassend einen Oszillator und zumindest eine Sendespule zum Erzeugen eines sich über die Breite einer Förderstrecke des Materialstroms erstreckenden elektromagnetischen Wechselfeldes, zumindest eine Detektorspule mit zwei gegensinnig geschalteten Wicklungen zur Erfassung des elektromagnetischen Wechselfeldes und zur Generierung eines durch eine Relativbewegung zwischen einem im Materialstrom befindlichen, das elektromagnetische Wechselfeld beeinflussenden Teil und dem elektromagnetischen Wechselfeld in der Detektorspule induzierten Detektionssignals, sowie Mittel zur Erfassung eines Phasensignalanteils des Detektionssignals.

Ein solches Verfahren und eine solche Vorrichtung sind aus dem deutschen Patent DE 195 21 266 C1 bekannt. Man benötigt sie zum Beispiel in der Recycling-Technik zur Feststellung von Metallteilchen in einem im Wesentlichen aus metallfreien Materialien bestehenden Förderstrom, wie z.B. Glas, Kunststoff oder Papier, um die festgestellten Metallteilchen aus dem Materialstrom auszusortieren, bevor der Materialstrom einer Recyclinganlage zugeführt wird. Im Zuge des steigenden Umweltbewusstseins sowie steigender Rohstoffkosten hat sich jedoch gezeigt, dass eine grobe Unterteilung in metallische und nichtmetallische Teilchen bzw. Stoffe oftmals nicht ausreichend ist, um das gewünschte Recycling-Ergebnis zu erzielen. Es ergab sich dadurch die Forderung der Industrie nach Detektionsvorrichtungen, mit deren Hilfe man auch unterschiedliche Arten von Metallen und Legierungen unterscheiden kann, oder allgemeiner, mit deren Hilfe man

zwischen verschiedenen Arten von ein elektromagnetisches Wechselfeld beeinflussenden Stoffen in einem Materialstrom unterscheiden kann.

Einen ersten Ansatz zur Erfüllung dieser Forderungen bietet bereits die in der DE 195 21 266 C1 offenbarte Einrichtung zur Feststellung elektrisch leitfähiger Teile in einem nicht leitfähigen Förderstrom. Bei dieser Einrichtung wird von einem Wechselstromgenerator über ein Sendespulensystem in einem zu überwachenden Abschnitt des Förderstromes ein elektromagnetisches Wechselfeld aufgebaut, dessen beim Passieren eines Teiles ausgelöste Amplituden- und Phasenänderungen durch ein Empfangsspulensystem und eine nachfolgende Auswerteschaltung in Form eines Phasen-Änderungssignals und eines Amplituden-Änderungssignals erfasst werden. Es sind eine Stufe zur vektoriellen Addition der beiden Änderungssignale und ein Phasenvergleichervorgesehen. Dem Phasenvergleichervorgesehen werden das vektorielle Summensignal und eines der beiden Änderungssignale zugeführt. Das Ausgangssignal (Phasenwinkelsignal) des Phasenvergleichers entspricht dem Phasenwinkel zwischen dem vektoriellen Summensignal und einem der beiden Änderungssignale. Das Phasenwinkelsignal wird einer Bewertungsstufe zugeführt, die es in ein materialspezifisch bewertetes Steuersignal umformt, das eine regelbare Ausgangsstufe steuert, die ein materialspezifisches Erkennungssignal für ein im Förderstrom befindliches, zu erkennendes Teil abgibt. Mit dieser Einrichtung kann beispielsweise zwischen einer in einem Förderstrom aus Kunststoffabfällen befindlichen Aluminiumfolie, die nicht aussortiert werden muss, und massiven, aber kleinen Teilchen aus anderen Metallen, wie z.B. Eisenschrauben, unterschieden werden. Nachteilig an der bekannten Einrichtung ist jedoch, dass die Unterscheidung verschiedener Arten elektrisch leitfähiger Teile nur anhand relativ einfacher Kriterien, wie eines bestimmten Phasenwinkelbereiches oder eines bestimmten Amplitudenbereiches, erfolgen kann. Als Beispiel ist in dem Dokument angeführt, dass die Ansprechempfindlichkeit für den Phasenwinkel eines nicht störenden Teiles, wie einer Aluminiumfolie, wesentlich verringert oder sogar zu Null gemacht werden kann. Es versteht sich, dass mit diesen einfachen Kriterien eine relativ geringe Treffsicherheit bei variierenden Größen der Teile und bei Materialvermengungen erzielt werden kann.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, die dem Stand der Technik inhärenten Probleme zu lösen oder zumindest zu lindern. Insbesondere bietet die Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erkennen bzw. Unterscheiden von ein elektromagnetisches Wechselfeld beeinflussenden Teilen in einem Materialstrom, die in ihrer Funktionsweise robust gegenüber variierenden Größen solcher Teile im Materialstrom sind und die Erkennung einer Vielzahl unterschiedlicher Arten von ein elektromagnetisches

Wechselfeld beeinflussenden Teilen im Materialstrom zulassen. Darüber hinaus ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Vorrichtung die Funktion des Erkennens von ein elektromagnetisches Wechselfeld beeinflussenden Teilen so flexibel ausgebildet, dass auch Materialvermengungen zu keiner wesentlichen Beeinträchtigung der Treffgenauigkeit beim Erkennen führen.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird durch Fortbildung des eingangs erwähnten Verfahrens zum Erkennen bzw. Unterscheiden von ein elektromagnetisches Wechselfeld beeinflussenden Teilen in einem Materialstrom gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1, sowie durch Fortbildung der eingangs erwähnten Vorrichtung zum Erkennen bzw. Unterscheiden von ein elektromagnetisches Wechselfeld beeinflussenden Teilen in einem Materialstrom gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen dargelegt.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Erkennen bzw. Unterscheiden von ein elektromagnetisches Wechselfeld beeinflussenden Teilen in einem Materialstrom zeichnet sich dadurch aus, dass aus dem Verlauf des Detektionssignals eine Ortskurve gebildet wird, indem die Verläufe des Phasensignalanteils und des Amplitudensignalanteils des Detektionssignals als Wertepaare zu jeweiligen Zeitpunkten in einem Koordinatensystem eingetragen werden, und dass die Ortskurve in Bezug auf materialspezifische Charakteristika ausgewertet und bei Erkennen eines materialspezifischen Charakteristikums ein Erkennungssignal ausgegeben wird. Die so gebildete Ortskurve lässt sich in äußerst flexibler und gegenüber Fehlern robuster Weise bezüglich materialspezifischer Charakteristika auswerten, wobei in einer bevorzugten Ausgestaltung die Auswertung mittels Bildverarbeitungsverfahren oder Mustererkennungsverfahren erfolgt. Geeignete Mustererkennungsverfahren umfassen den Vergleich der Ortskurve mit einer vorgegebenen, optional einstellbaren, materialspezifischen Kurve oder einer Kurvenschar, wobei die einzelnen Kurven der Kurvenschar beispielsweise unterschiedliche Reinheiten, Geometrien oder Größen des detektierten, das elektromagnetische Wechselfeld beeinflussenden Teiles repräsentieren können. In weiterer Fortbildung eines solchen Mustererkennungsverfahrens umfasst der Vergleich der gebildeten Ortskurve mit einer vorgegebenen Kurve oder Kurvenschar das Ermitteln zumindest einer Maßzahl für die Ähnlichkeit und das Vergleichen der zumindest einen Maßzahl mit zumindest einem Sollwert.

Der Begriff „ein elektromagnetisches Wechselfeld beeinflussende Teile“ ist so zu verstehen, dass darunter nicht nur alle elektrisch leitfähigen Materialien, wie Metalle, Legierungen etc. fallen, sondern beispielsweise auch Verbundstoffe, bei denen elektrisch leitfähige Partikel in

einem elektrisch isolierenden Trägermaterial aufgenommen sind, wobei der Verbundstoff insgesamt nicht elektrisch leitfähig ist, ebenso wie magnetische Werkstoffe, z.B. Ferrite. In der folgenden Beschreibung wird für diese Materialien auch der Begriff „feldbeeinflussende Teile“ verwendet.

In einem alternativen Auswerteverfahren der Ortskurve, das mit geringem rechentechnischen Aufwand realisiert werden kann, werden die Positionen charakteristischer Punkte der Ortskurve, vorzugsweise ihre Wendepunkte oder Extrempunkte, bestimmt und die ermittelten Positionen mit Vorgabepositionen oder Grenzwerten bzw. Grenzbereichen verglichen.

Günstigerweise ist das Koordinatensystem, in dem die Ortskurve gebildet wird, ein kartesisches oder Polarkoordinatensystem.

Vereinfachungen bei der Auswertung der Ortskurve ergeben sich, wenn die Ortskurve vor ihrer Auswertung durch entsprechende Signalverarbeitungsmaßnahmen auf nur eine oder zwei Quadranten des gewählten Koordinatensystems zusammengeklappt oder verschoben wird. Solche Signalverarbeitungsmaßnahmen umfassen die Bildung des Absolutwerts des Phasensignalanteils und/oder des Amplitudensignalanteils des Detektionssignals. Zur Absolutwertbildung kann vorteilhaft ein Gleichrichter vorgesehen sein.

Um Übersteuerungen der bei der Verarbeitung des Detektionssignals eingesetzten Schaltungen oder ungünstige Signalverläufe des Detektionssignals zu verhindern, wird in einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung der Amplitudensignalanteil des Detektionssignals über eine nichtlineare Kennlinie angepasst.

In einer einfachen Ausbildung können das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung zur simplen Erkennung, ob sich ein das elektromagnetische Wechselfeld beeinflussender Teil in einem nicht feldbeeinflussenden Materialstrom befindet, verwendet werden. In diesem Fall würde dem erzeugten Erkennungssignal nur eine Ja/Nein-Information entnommen. Die Erfindung kann jedoch bevorzugt auch dazu verwendet werden, unterschiedliche Arten feldbeeinflussender Teile in einem Materialstrom zu erkennen, beispielsweise unterschiedliche Arten von Stählen. Bei einer solchen Ausgestaltung der Erfindung ist das Erkennungssignal als materialspezifisches Erkennungssignal ausgebildet. Das erzeugte Erkennungssignal kann auch dazu ausgebildet sein Mittel zur Trennung der erkannten feldbeeinflussenden Teile aus dem Materialstrom zu aktivieren.

Eine verfeinerte Untersuchung eines Materialstromes auf feldbeeinflussende Teile kann erhalten werden, indem der Materialstrom in mehrere Streifen unterteilt wird, die separat untersucht werden. Dazu ist quer über den Materialstrom eine Vielzahl von Detektorspulen angeordnet, deren Detektionssignale unabhängig voneinander durch Ortskurvenbildung und -auswertung analysiert werden.

In einer aufgrund ihres kompakten Aufbaues und ihrer flexiblen Handhabung bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die Mittel zur Bildung einer Ortskurve und die Mittel zur Auswertung der Ortskurve als Signalprozessor, insbesondere digitaler Signalprozessor, ausgebildet, wobei vorzugsweise die Mittel zur Bildung einer Ortskurve und die Mittel zur Auswertung der Ortskurve ineinander integriert sind.

Zur Ausfilterung von Störsignalen im von der Detektionsspule gelieferten Detektionssignal ist der Detektionsspule bevorzugt ein Filter, wie z.B. ein Bandpassfilter oder Hochpassfilter, nachgeschaltet. In ähnlicher Weise kann ein Tiefpassfilter zur Formung des Amplitudensignalanteils und/oder des Phasensignalanteils des Detektionssignals vorgesehen sein.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Erkennen bzw. Unterscheiden von ein elektromagnetisches Wechselfeld beeinflussenden Teilen in einem Materialstrom;

Fig. 2 den Phasensignalanteil und den Amplitudensignalanteil eines Detektionssignals im Zeitverlauf sowie eine erfindungsgemäß aus diesem Detektionssignal abgeleitete und in Polarkoordinaten dargestellte Ortskurve für Teile aus Stahl des Typs ST37; und

Fig. 3 den Phasensignalanteil und den Amplitudensignalanteil eines Detektionssignals im Zeitverlauf sowie eine erfindungsgemäß aus dem Detektionssignal abgeleitete und in Polarkoordinaten dargestellte Ortskurve für Teile aus Chrom-Nickel-Stahl.

Zunächst auf Fig. 1 Bezug nehmend, ist darin ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Erkennen bzw. Unterscheiden von ein elektromagnetisches Wechselfeld beeinflussenden Teilen in einem Materialstrom dargestellt. Diese Vorrichtung umfasst einen

Oszillator 1 und zumindest eine Sendespule 2 zum Erzeugen eines elektromagnetischen Wechselfeldes. Der Oszillator 1 versorgt die Sendespule 2 mit einer kontinuierlichen, vorzugsweise sinusförmigen, Wechselspannung. Ein Abstimmkondensator 3 ist in Serie mit der Sendespule 2 geschaltet und bildet mit ihr einen Schwingkreis zur Erzeugung des elektromagnetischen Wechselfeldes. Das elektromagnetische Wechselfeld erstreckt sich in bekannter Weise über die Breite einer Förderstrecke eines nicht dargestellten Materialstroms. Dieser Materialstrom kann beispielsweise Glas, Kunststoff, Papier etc. umfassen, d.h. im Wesentlichen elektrisch nicht leitfähige Materialien. Im Materialstrom können allerdings das elektromagnetische Wechselfeld beeinflussende Teile, wie Metallstücke, enthalten sein, die durch die erfindungsgemäße Vorrichtung erkannt werden sollen, um sie anschließend aus dem Materialstrom auszusortieren. Der Materialstrom wird dabei in bekannter Weise entweder durch eine Fördereinrichtung, wie ein Förderband, oder aber über eine Rutsche oder im freien Fall an der Sendespule 2 vorbeibewegt, so dass eine Relativbewegung zwischen der Sendespule 2 (bzw. dem von ihr erzeugten Wechselfeld) und dem Materialstrom auftritt. Im Wirkungsbereich des durch die Sendespule 2 erzeugten elektromagnetischen Wechselfeldes befindet sich zumindest eine Detektorspule 4 mit zwei gegensinnig geschalteten Wicklungen 4a, 4b. In jeder der Wicklungen 4a, 4b induziert das elektromagnetische Wechselfeld eine elektrische Spannung. Die Detektorspule 4 ist so abgestimmt, dass sich im stationären Zustand des elektromagnetischen Wechselfeldes durch die gegensinnige Schaltung der Wicklungen 4a, 4b der Detektorspule 4 die induzierten Spannungen gegenseitig aufheben. Der stationäre Zustand des elektromagnetischen Wechselfeldes wird solange beibehalten, als sich im vorbeibewegten Materialstrom keine feldbeeinflussenden Teile befinden, die zu einer transienten Veränderung des Wechselfeldes führen, was wiederum unterschiedliche in den einzelnen Wicklungen 4a, 4b induzierte Spannungen und somit eine von Null verschiedene Ausgangsspannung an den Anschlüssen a, b der Detektorspule 4 mit sich bringt. Das an den Anschlüssen a, b der Detektorspule 4 abgegriffene Spannungssignal wird einem Differenzverstärker V1 zur Verstärkung zugeführt.

Das Ausgangssignal des Differenzverstärkers V1 wird als Detektionssignal DS einem Bandpassfilter 5 zugeführt, das allfällige Störanteile im Detektionssignal DS ausfiltert. An das Bandpassfilter schließt sich ein zweiter Verstärker V2 zur nochmaligen Verstärkung des Detektionssignals DS an. Das Ausgangssignal AS' aus dem Verstärker V2 wird einerseits einem Phasendiskriminator 7 zugeführt, wie weiter unten näher beschrieben, und dient andererseits dazu, den Amplitudensignalanteil AS des Detektionssignals DS aufzubereiten. Dazu wird das Ausgangssignal AS' des Verstärkers V2 einer Schaltung 6 zur Dynamikanpassung zugeführt, in welcher das Signal AS' gemäß einer vorgegebenen oder

adaptiv veränderlichen nichtlinearen Kennlinie umgeformt wird. Diese Signalumformung dient zur Dynamikanpassung und zur Verhinderung des Übersteuerns nachfolgender Schaltungsstufen. Das daraus resultierende Signal AS“ wird einem synchronen Gleichrichter 8 zugeführt, der es gleichrichtet und als Signal AS’” an ein Tiefpassfilter 9 sendet, das hochfrequente Signalstörungen ausfiltert, so dass sich schlussendlich am Ausgang des Tiefpassfilters 9 der aufbereitete Amplitudensignalanteil AS des Detektionssignals DS ergibt.

Wie erwähnt wird das Ausgangssignal AS’ des Verstärkers V2 auch dem Phasendiskriminator 7 zugeführt, der daraus durch Vergleich mit dem der Sendespule 2 zugeführten Wechselspannungssignal die Phasenverschiebung des Detektionssignals in Bezug auf das Sendespulensignal ermittelt, ausgedrückt als Phasensignalanteil PS’ des Detektionssignals. Das Ausgangssignal PS’ des Phasendiskriminators 7 wird in einem Tiefpass 10 geglättet, woraus sich ein Signal PS ergibt, das den Phasensignalanteil des Detektionssignals DS repräsentiert.

Zur Veranschaulichung sind der Phasensignalanteil PS und der Amplitudensignalanteil AS des Detektionssignals DS in ihrem Zeitverlauf an einem Oszilloskopbild 11 dargestellt. Der Amplitudensignalanteil AS wird einem Analog/Digital-Wandler 13 zugeführt, und der Phasensignalanteil PS wird einem Analog/Digital-Wandler 18 zugeführt. Die Analog/Digital-Wandler 13 und 18 sind in einem digitalen Signalprozessor DSP integriert, der als Mittel 12 zur Bildung einer Ortskurve aus dem digitalisierten Phasensignalanteil PS und Amplitudensignalanteil AS des Detektionssignals DS ausgebildet ist, indem der digitale Signalprozessor DSP so programmiert ist, dass die Verläufe des Phasensignalanteils PS und des Amplitudensignalanteils AS als Wertepaare zu jeweiligen Zeitpunkten in einem Koordinatensystem eingetragen werden, woraus sich die in einem Oszilloskopbild 17 dargestellte Ortskurve 15 ergibt. Diese Ortskurve 15 ist im ersten Quadranten eines kartesischen Koordinatensystems abgebildet, dessen Abszisse eine Amplitude A und dessen Ordinate eine Phase  $\varphi$  der Ortskurve 15 bezeichnet. Eine solche auf einen Quadranten reduzierte Ortskurve stellt sich beispielsweise ein, wenn sowohl der Phasensignalanteil PS als auch der Amplitudensignalanteil AS vor der Bildung der Ortskurve gleichgerichtet werden. In gleicher Weise ist es jedoch auch möglich, die Umrechnung oder Verschiebung einer auf alle vier Quadranten verteilten Ortskurve in einen einzelnen Quadranten im digitalen Signalprozessor DSP vorzunehmen.

In den Signalprozessor DSP, d.h. in die Mittel 12 zur Bildung einer Ortskurve, sind auch Mittel 14 zum Auswerten der Ortskurve 15 in Bezug auf materialspezifische Charakteristika

und zur Ausgabe eines Erkennungssignals ES bei Erkennen eines materialspezifischen Charakteristikums in der Ortskurve 15 implementiert. Die Mittel 14 zum Auswerten der Ortskurve können vorteilhaft als Bildverarbeitungsmittel oder Mustererkennungsmittel ausgebildet sein. Die Mittel 14 zum Auswerten der Ortskurve können weiters vorgegebene, gegebenenfalls adaptive, materialspezifischen Kurven oder Kurvenscharen enthalten, mit denen die gebildete Ortskurve oder einzelne Äste der Ortskurve verglichen werden. Diese vorgegebenen Kurven oder Kurvenschar repräsentieren beispielsweise verschiedene Reinheiten, Geometrien oder Größen von im Materialstrom möglicherweise auftretenden feldbeeinflussenden Teilen. Ebenso können die Mittel 14 zum Auswerten der Ortskurve so ausgebildet sein, dass sie aus der ermittelten Ortskurve gemäß einem vorgegebenen Mustererkennungsverfahren eine oder mehrere Maßzahlen ermitteln, die für die Ortskurve repräsentativ sind und diese Maßzahlen mit Sollwerten oder Sollwertbereichen vergleichen. In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung können die Mittel 14 zum Auswerten der Ortskurve so ausgebildet sein, dass die Positionen bestimmter charakteristischer Punkte der Ortskurve, vorzugsweise ihre Wende- oder Extrempunkte, ermittelt und diese ermittelten Positionen mit Vorgabepositionen oder Grenzwerten bzw. Grenzbereichen verglichen werden. Dieses Auswerteverfahren ist im Oszilloskopbild 17 dargestellt. Dabei werden die Positionen der Wendepunkte 15a und 15b der Ortskurve 15 ermittelt und diese Positionen daraufhin überprüft, ob sie oberhalb einer vorgegebenen oberen Grenzlinie 16a bzw. unterhalb einer vorgegebenen Grenzlinie 16b liegen. Eine solche Lage der Wendepunkte 15a, 15b würde darauf hinweisen, dass es sich bei dem detektierten feldbeeinflussenden Teil um VA-Stahl handelt. Tatsächlich liegen die Wendepunkte 15a, 15b jedoch innerhalb des durch die Grenzlinien 16a, 16b definierten Bereichs, woraus geschlossen werden kann, dass der detektierte feldbeeinflussende Teil nicht aus VA-Stahl besteht. Eine solche Ausgestaltung der Erfindung kann vorteilhaft bei der Verwertung von KFZ-Schrott verwendet werden, um den wertvollen Rohstoff VA-Stahl aus dem Schrottmaterialstrom auszusortieren. Anstelle der Wendepunkte 15a, 15b der Ortskurve 15 könnte auch die Lage ihres Maximums 15c zur Auswertung herangezogen werden. Je nach Anwendungsgebiet der Erfindung können die Mittel 14 zum Auswerten der Ortskurve so ausgebildet sein, dass ein Erkennungssignal ES dann abgegeben wird, wenn ein Teil in einem Materialstrom erkannt wird, dessen Ortskurve die vorgegebenen materialspezifischen Charakteristika erfüllt oder das Erkennungssignal dann abgegeben wird, wenn die Charakteristika nicht erfüllt sind. Das Erkennungssignal ES kann zur Aktivierung von nicht dargestellten Mitteln zur Trennung des erkannten feldbeeinflussenden Teiles aus dem Materialstrom verwendet werden.

Wie oben bereits anhand des Beispiels VA-Stahl gezeigt, ist die Erfindung nicht darauf beschränkt, das Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein eines feldbeeinflussenden Teiles



in einem Materialstrom zu erkennen, sondern kann darüber hinaus auch zwischen unterschiedlichen Arten feldbeeinflussender Teile unterscheiden. In den Figuren 2 und 3 sind zwei Beispiele für erfindungsgemäß erstellte Ortskurven feldbeeinflussender Teile in einem Polarkoordinatensystem sowie die Zeitverläufe des Amplitudensignalanteils und des Phasensignalanteils des zugehörigen Detektionssignals im Zeitverlauf dargestellt. Fig. 2 zeigt eine Ortskurve 20, die charakteristisch für Stahl des Typs ST37 ist. Zur Auswertung dieser Ortskurve kann beispielsweise die Position eines Wendepunktes 21 oder eines Kreuzungspunktes 22 herangezogen werden. Weiters kann der Flächeninhalt der von der Ortskurve 20 umschriebenen Fläche berechnet und normiert werden. Es können auch höher entwickelte Mustererkennungsverfahren zur Auswertung der Ortskurve angewandt werden, die aus dem Verlauf der Ortskurve 20 eine oder mehrere Maßzahlen ermitteln, die mit vorgegebenen Sollwerten oder Sollbereichen verglichen werden, die für bestimmte Materialarten typisch sind. Fig. 3 zeigt eine Ortskurve 30, die charakteristisch für Chrom-Nickel-Stahl ist. Man erkennt im Vergleich mit der Ortskurve 20 die wesentlich kleinere umschriebene Fläche und die sehr spitz ausgeprägten Kurvenverläufe an den Wendepunkten 31 und 32. Diese Charakteristika können beispielsweise zur Auswertung der Ortskurve 30 herangezogen werden.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Erkennen bzw. Unterscheiden von ein elektromagnetisches Wechselfeld beeinflussenden Teilen in einem Materialstrom, umfassend das Erzeugen eines sich über die Breite des Materialstroms erstreckenden elektromagnetischen Wechselfeldes, das Erzeugen einer Relativbewegung zwischen dem elektromagnetischen Feld und dem Materialstrom, und das Erfassen eines Phasensignalanteils (PS) und eines Amplitudensignalanteils (AS) eines Detektionssignals (DS) mittels einer im Wirkungsbereich des elektromagnetischen Wechselfeldes angeordneten Detektorspule (4) mit zwei gegensinnig geschalteten Wicklungen (4a, 4b), wobei das Detektionssignal (DS) aus einer durch die Relativbewegung zwischen dem elektromagnetischen Wechselfeld und einem im Materialstrom befindlichen, das elektromagnetische Wechselfeld beeinflussenden Teil hervorgerufenen Feldänderung abgeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Verlauf des Detektionssignals (DS) eine Ortskurve (15, 20, 30) gebildet wird, indem die Verläufe des Phasensignalanteils (PS) und des Amplitudensignalanteils (AS) des Detektionssignals (DS) als Wertepaare zu jeweiligen Zeitpunkten in einem Koordinatensystem eingetragen werden, und dass die Ortskurve (15, 20, 30) in Bezug auf materialspezifische Charakteristika ausgewertet und bei Erkennen eines materialspezifischen Charakteristikums ein Erkennungssignal (ES) ausgegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Koordinatensystem, in dem die Ortskurve (15, 20, 30) gebildet wird, ein kartesisches oder Polarkoordinatensystem ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Absolutwert des Phasensignalanteils (PS) und/oder des Amplitudensignalanteils (AS) des Detektionssignals (DS) zur Bildung der Ortskurve (15, 20, 30) herangezogen wird/werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Amplitudensignalanteil (AS') über eine nichtlineare Kennlinie angepasst wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertung der Ortskurve (15, 20, 30) mit einem Bildverarbeitungsverfahren erfolgt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertung der Ortskurve (15, 20, 30) mit einem Mustererkennungsverfahren erfolgt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Mustererkennungsverfahren den Vergleich mit einer vorgegebenen, optional einstellbaren, materialspezifischen Kurve oder einer Kurvenschar umfasst, wobei vorzugsweise die einzelnen Kurven der Kurvenschar verschiedene Reinheiten, Geometrien oder Größen des detektierten, das elektromagnetische Wechselfeld beeinflussenden Teiles repräsentieren.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Vergleich der gebildeten Ortskurve (15, 20, 30) mit einer vorgegebenen Kurve oder Kurvenschar das Ermitteln zumindest einer Maßzahl für die Ähnlichkeit und das Vergleichen der zumindest einen Maßzahl mit zumindest einem Sollwert umfasst.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertung der Ortskurve das Bestimmen der Position charakteristischer Punkte der Ortskurve, vorzugsweise ihrer Wendepunkte (15a, 15b; 21; 31, 32) oder Extrempunkte (15c), und das Vergleichen dieser Positionen mit Vorgabepositionen oder Grenzwerten bzw. Grenzbereichen (16a, 16b) umfasst.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Erkennungssignal (ES) als materialspezifisches Erkennungssignal ausgebildet ist.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Erkennungssignal (ES) Mittel zur Trennung des erkannten, das elektromagnetische Wechselfeld beeinflussenden Teiles aus dem Materialstrom aktiviert.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass quer über den Materialstrom eine Vielzahl von Detektorspulen (4) angeordnet ist, deren Detektionssignale unabhängig voneinander durch Ortskurvenbildung und –auswertung ausgewertet werden.
13. Vorrichtung zum Erkennen bzw. Unterscheiden von ein elektromagnetisches Wechselfeld beeinflussenden Teilen in einem Materialstrom, umfassend einen Oszillator (1) und zumindest eine Sendespule (2) zum Erzeugen eines sich über die Breite einer Förderstrecke des Materialstroms erstreckenden elektromagnetischen Wechselfeldes, zumindest eine Detektorspule (4) mit zwei gegensinnig geschalteten Wicklungen (4a, 4b) zur Erfassung des elektromagnetischen Wechselfeldes und zur Generierung eines durch eine Relativbewegung zwischen einem im Materialstrom befindlichen, das elektromagnetische Wechselfeld beeinflussenden Teil und dem elektromagnetischen Wechselfeld in der

Detektorspule induzierten Detektionssignals (DS), sowie Mittel (7) zur Erfassung eines Phasensignalanteils (PS'), gekennzeichnet durch Mittel (12) zur Bildung einer Ortskurve aus dem Detektionssignal, denen der Phasensignalanteil (PS) und der Amplitudensignalanteil (AS) des Detektionssignals zuführbar ist, wobei die Mittel (12) zur Bildung einer Ortskurve so ausgebildet sind, dass die Verläufe des Phasensignalanteils und des Amplitudensignalanteils des Detektionssignals als Wertepaare zu jeweiligen Zeitpunkten in einem Koordinatensystem eingetragen werden, woraus sich die Ortskurve (15, 20, 30) zusammensetzt, und durch Mittel (14) zum Auswerten der Ortskurve in Bezug auf materialspezifische Charakteristika und zur Ausgabe eines Erkennungssignals (ES) bei Erkennen eines materialspezifischen Charakteristikums.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (12) zur Bildung einer Ortskurve und die Mittel (14) zur Auswertung der Ortskurve als Signalprozessor, insbesondere digitaler Signalprozessor (DSP), ausgebildet sind, wobei vorzugsweise die Mittel (12) zur Bildung einer Ortskurve und die Mittel (14) zur Auswertung der Ortskurve ineinander integriert sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (6) zur Anpassung des Amplitudensignalanteils (AS') über eine nichtlineare Kennlinie vorgesehen sind.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass, vorzugsweise als Gleichrichter ausgebildete, Mittel (8) zur Absolutwertermittlung des Amplitudensignalanteils (AS'') und/oder des Phasensignalanteils des Detektionssignals (DS) vorgesehen sind.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass ein Filter (5), vorzugsweise ein Bandpassfilter, zur Ausfilterung von Störsignalen im Detektionssignal (DS) vorgesehen ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass ein Tiefpassfilter (9) zur Formung des Amplitudensignalanteils (AS''') und/oder des Phasensignalanteils des Detektionssignals (DS) vorgesehen ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (12) zur Auswertung der Ortskurve Bildverarbeitungsmittel umfassen.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (12) zur Auswertung der Ortskurve Mustererkennungsmittel umfassen.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (12) zur Auswertung der Ortskurve zum Vergleich der Ortskurve (15, 20, 30) mit einer vorgegebenen, optional einstellbaren, materialspezifischen Kurve oder einer Kurvenschar ausgebildet sind, wobei vorzugsweise die einzelnen Kurven der Kurvenschar verschiedene Reinheiten, Geometrien oder Größen des detektierten, das elektromagnetische Wechselfeld beeinflussenden Teiles repräsentieren.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Vergleich der Ortskurve (15, 20, 30) mit einer vorgegebenen Kurve oder Kurvenschar das Ermitteln zumindest einer Maßzahl für die Ähnlichkeit und das Vergleichen der zumindest einen Maßzahl mit zumindest einem Sollwert umfasst.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (12) zur Auswertung der Ortskurve zur Bestimmung der Position charakteristischer Punkte der Ortskurve (15, 20, 30), vorzugsweise ihrer Wende- (15a, 15b; 21; 31, 32) oder Extrempunkte (15c), und zum Vergleichen dieser Positionen mit Vorgabepositionen oder Grenzwerten bzw. Grenzbereichen (16a, 16b) ausgebildet sind.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass das Erkennungssignal (ES) ein materialspezifisches Erkennungssignal ist.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Erkennungssignal (ES) zur Aktivierung von Mitteln zur Trennung des erkannten, das elektromagnetische Wechselfeld beeinflussenden Teiles aus dem Materialstrom ausgebildet ist.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass quer über die Förderstrecke des Materialstroms eine Vielzahl von Sendespulen (2) und Detektorspulen (4) angeordnet ist, wobei jeweils eine Sendespule (2) einer Detektorspule (4) zugeordnet ist und die Detektionssignale der Detektorspulen unabhängig voneinander zu Ortskurven gebildet und ausgewertet werden.

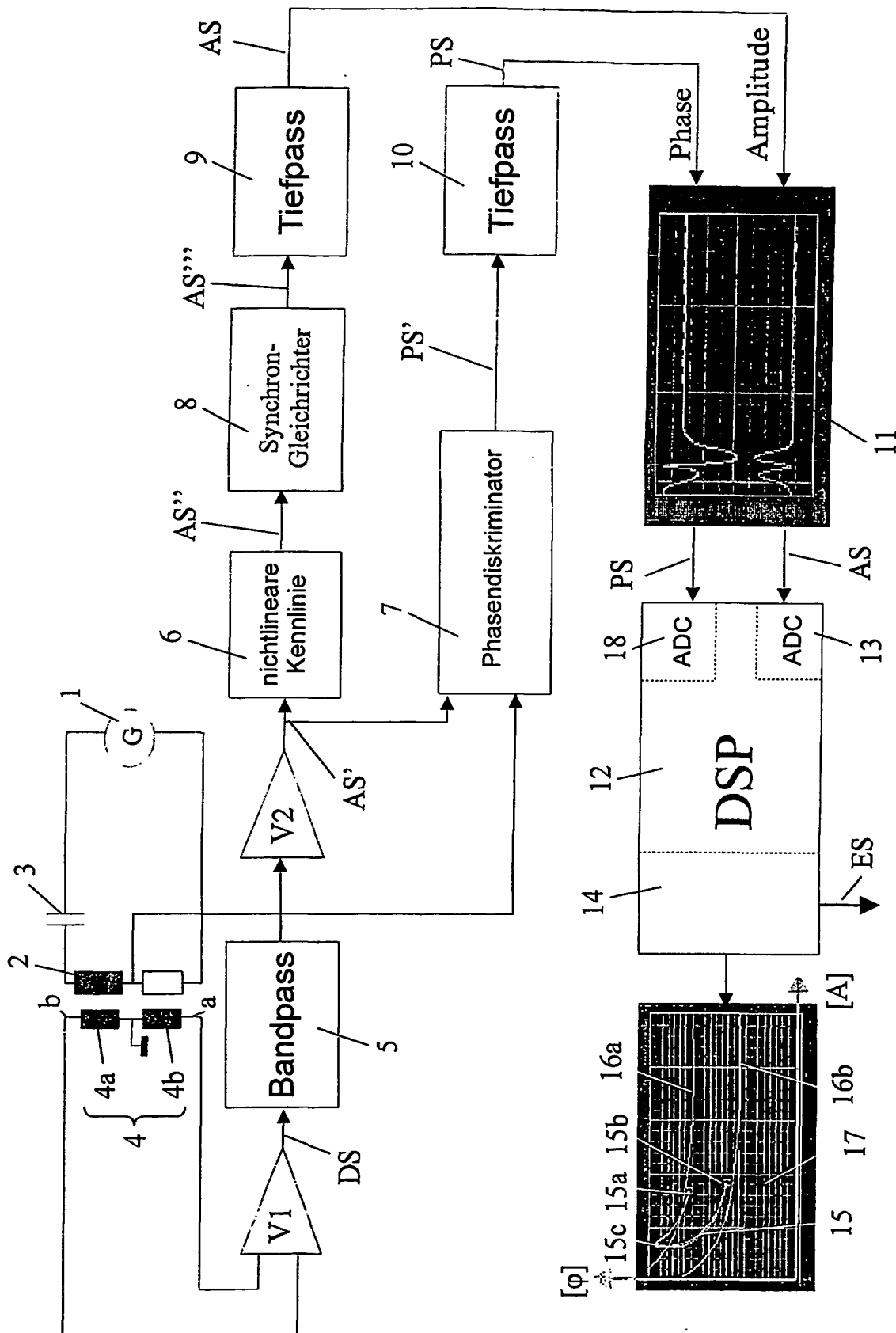


Fig. 1

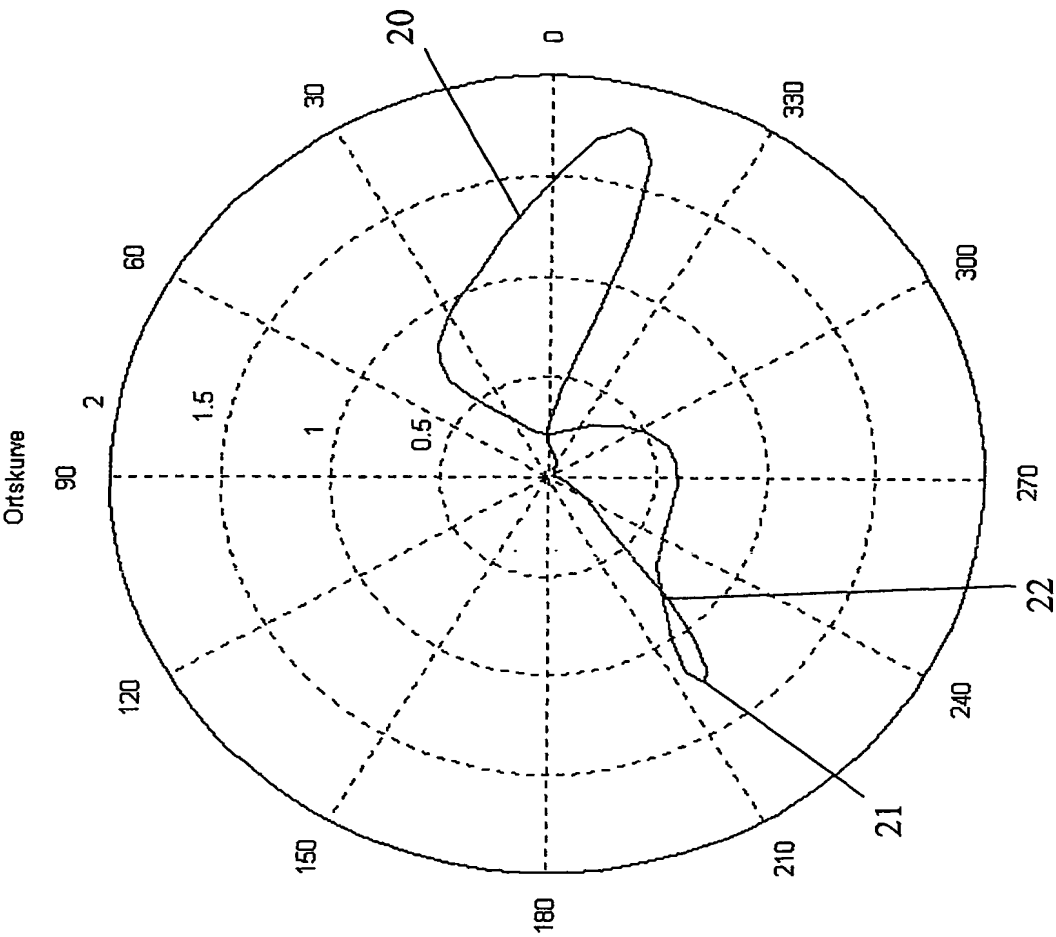
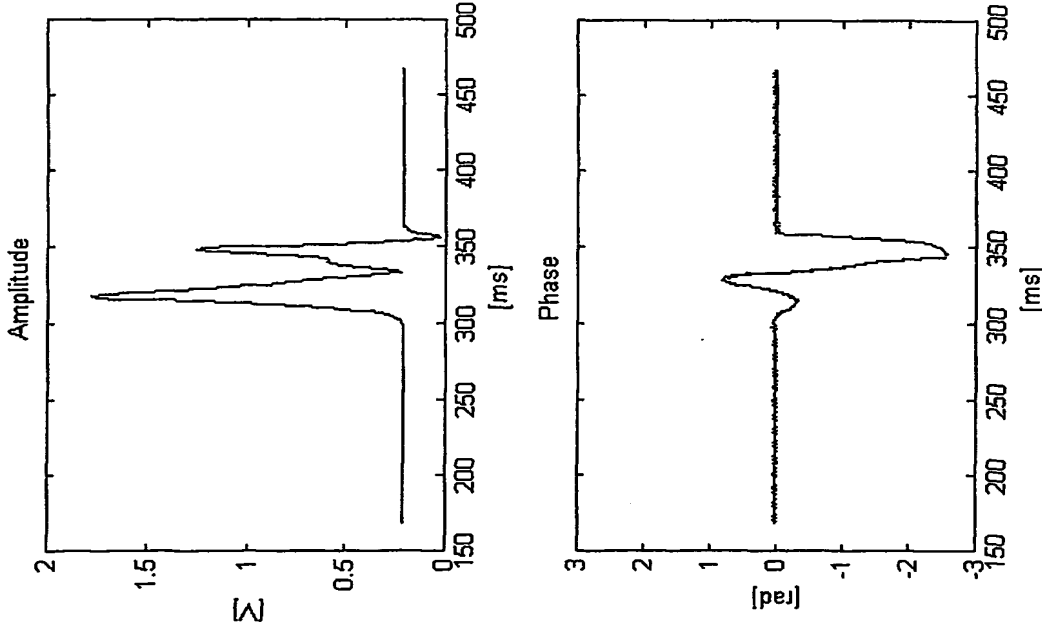


Fig. 2



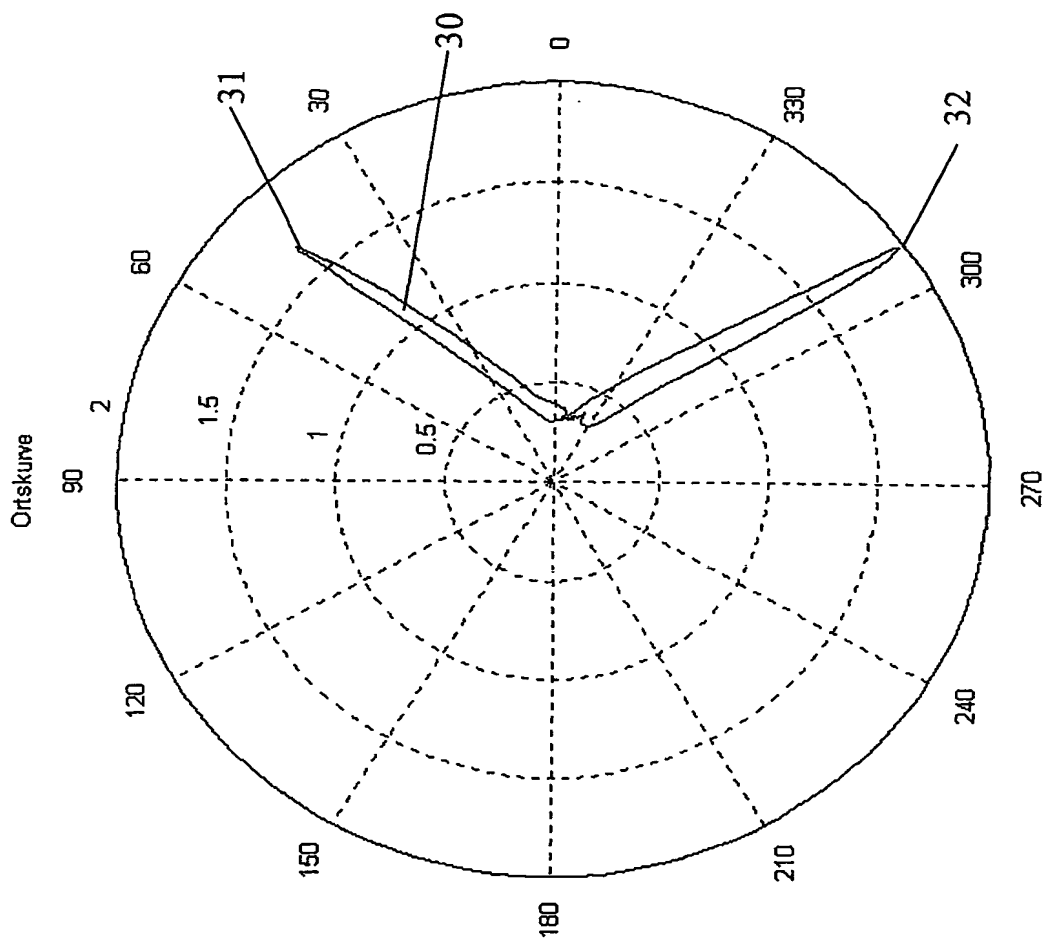
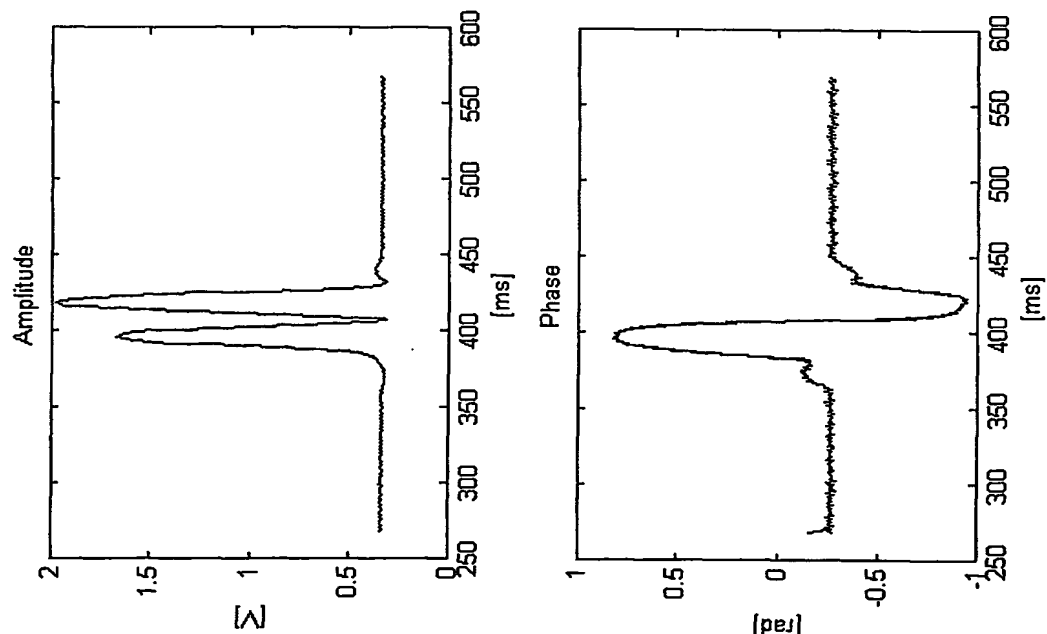


Fig. 3





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/AT2004/000346

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G01V3/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01V

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 353 035 A (YAMATO SCALE CO LTD) 31 January 1990 (1990-01-31) page 2, line 5 - line 22 page 4, line 13 - line 16; claim 1 page 4, line 39 - line 41 page 11 - page 12 page 13, line 2 - line 13; figures 14,15	1-26
A	US 2003/164766 A1 (BRITTON ANDREW MICHAEL) 4 September 2003 (2003-09-04) paragraphs '0001!', '0030!', '0033!', '0038!', '0045!'	1-26
A	DE 195 21 266 C (MESUTRONIC GERAETEBAU GMBH) 13 February 1997 (1997-02-13) cited in the application the whole document	1-26
----- -/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 January 2005

Date of mailing of the international search report

01/02/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lorne, B

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT



International Application No  
PCT/AT2004/000346

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 862 067 A (D ELECTRONIQUE ANGELIDIS ET SA) 2 September 1998 (1998-09-02) page 2, column 1, line 5 - line 9 page 5, column 8, line 32 - line 46 page 6, column 10, line 17 - line 20 page 7, column 12, line 44 - line 56; claim 1	1-26
A	US 2003/105600 A1 (ALVI KHALID NASER) 5 June 2003 (2003-06-05) paragraph '0006!; claim 1	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/AT2004/000346

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0353035	A	31-01-1990	JP 1889261 C	07-12-1994
			JP 2036390 A	06-02-1990
			JP 6019470 B	16-03-1994
			AU 3896189 A	01-02-1990
			DE 68912382 D1	03-03-1994
			DE 68912382 T2	26-05-1994
			DE 68914537 D1	19-05-1994
			DE 68914537 T2	29-09-1994
			EP 0337783 A2	18-10-1989
			EP 0353035 A2	31-01-1990
			US 5045789 A	03-09-1991
US 2003164766	A1	04-09-2003	GB 2361544 A	24-10-2001
			AU 775863 B2	19-08-2004
			AU 3756901 A	07-11-2001
			CA 2406460 A1	01-11-2001
			EP 1275016 A1	15-01-2003
			WO 0181953 A1	01-11-2001
DE 19521266	C	13-02-1997	DE 19521266 C1	13-02-1997
			EP 0747733 A2	11-12-1996
			US 5929634 A	27-07-1999
EP 0862067	A	02-09-1998	FR 2760276 A1	04-09-1998
			EP 0862067 A1	02-09-1998
US 2003105600	A1	05-06-2003	AU 2388001 A	24-07-2001
			CN 1395690 T	05-02-2003
			EP 1247120 A1	09-10-2002
			WO 0151959 A1	19-07-2001
			GB 2358252 A	18-07-2001

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01V3/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01V

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 353 035 A (YAMATO SCALE CO LTD) 31. Januar 1990 (1990-01-31) Seite 2, Zeile 5 - Zeile 22 Seite 4, Zeile 13 - Zeile 16; Anspruch 1 Seite 4, Zeile 39 - Zeile 41 Seite 11 - Seite 12 Seite 13, Zeile 2 - Zeile 13; Abbildungen 14, 15	1-26
A	US 2003/164766 A1 (BRITTON ANDREW MICHAEL) 4. September 2003 (2003-09-04) Absätze '0001!, '0030!, '0033!, '0038!, '0045!	1-26
A	DE 195 21 266 C (MESUTRONIC GERAETEBAU GMBH) 13. Februar 1997 (1997-02-13) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-26

-/--

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&amp;\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Januar 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

01/02/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3018

Bevollmächtigter Bediensteter

Lorne, B

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 862 067 A (D ELECTRONIQUE ANGELIDIS ET SA) 2. September 1998 (1998-09-02) Seite 2, Spalte 1, Zeile 5 - Zeile 9 Seite 5, Spalte 8, Zeile 32 - Zeile 46 Seite 6, Spalte 10, Zeile 17 - Zeile 20 Seite 7, Spalte 12, Zeile 44 - Zeile 56; Anspruch 1	1-26
A	US 2003/105600 A1 (ALVI KHALID NASER) 5. Juni 2003 (2003-06-05) Absatz '0006!; Anspruch 1	1

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2004/000346

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0353035	A	31-01-1990	JP	1889261 C	07-12-1994
			JP	2036390 A	06-02-1990
			JP	6019470 B	16-03-1994
			AU	3896189 A	01-02-1990
			DE	68912382 D1	03-03-1994
			DE	68912382 T2	26-05-1994
			DE	68914537 D1	19-05-1994
			DE	68914537 T2	29-09-1994
			EP	0337783 A2	18-10-1989
			EP	0353035 A2	31-01-1990
			US	5045789 A	03-09-1991
US 2003164766	A1	04-09-2003	GB	2361544 A	24-10-2001
			AU	775863 B2	19-08-2004
			AU	3756901 A	07-11-2001
			CA	2406460 A1	01-11-2001
			EP	1275016 A1	15-01-2003
			WO	0181953 A1	01-11-2001
DE 19521266	C	13-02-1997	DE	19521266 C1	13-02-1997
			EP	0747733 A2	11-12-1996
			US	5929634 A	27-07-1999
EP 0862067	A	02-09-1998	FR	2760276 A1	04-09-1998
			EP	0862067 A1	02-09-1998
US 2003105600	A1	05-06-2003	AU	2388001 A	24-07-2001
			CN	1395690 T	05-02-2003
			EP	1247120 A1	09-10-2002
			WO	0151959 A1	19-07-2001
			GB	2358252 A	18-07-2001